

Slovníček pojmů

aktivita – počet radioaktivních přeměn za jednotku času, vyjadřuje množství radionuklidu (je přímo úměrná jeho hmotnosti). Jednotkou aktivity je becquerel (Bq) s rozměrem $[s^{-1}]$ (jedna přeměna za sekundu); aktivity používané pro diagnostické účely v nukleární medicíně se pohybují obvykle ve stovkách MBq. (Definice: aktivita je podíl středního počtu samovolných radioaktivních přeměn z daného energetického stavu v určitém množství radionuklidu za krátkou dobu dt a této doby; $A = dN/dt$.)

akutní nemoc z ozáření – onemocnění v důsledku jednorázového celotělového ozáření organismu vyšší dávkou ionizujícího záření. Rozeznávají se tyto formy podle velikosti dávky: (a) *hematologická (dřeňová) forma* (po ozáření subletální dávkou dochází ke změnám v kostní dřeni, k dřeňové aplazii, k pancytopenii v obvodové krvi a sekundárně k sepsi), pouze u dřeňové formy se rozvíjí kompletní klinický obraz akutní nemoci z ozáření probíhající ve 4 fázích: 1. fáze prodromů, 2. fáze latence, 3. fáze úplného klinického rozvoje nemoci a 4. fáze rekonvalescence; (b) *gastrointestinální (střevní) forma* (po ozáření letální a supraletální dávkou, klinicky vodnaté průjemy s příměsí krve, zvracení, dehydratace, rozvrat vodního, minerálního a acidobazického metabolismu, smrt nastává ve 2.–3. týdnu po ozáření); (c) *kardiovaskulární a centrálně nervová (neuropsychická) forma* (po celotělovém ozáření vysoce supraletální dávkou několika desítek až stovek Gy dochází k závažným změnám v mozku, smrt nastává během několika hodin až dnů.

analogový obraz (také *spojitý obraz*) – souřadnice bodů na snímku a obrazové hodnoty v těchto bodech jsou *spojité* veličiny (příkladem je klasická fotografie nebo rentgenový snímek pořízený projekčním rentgenem přímo na film), výhodou analogového obrazu je obvykle dobré prostorové rozlišení a široká škála kontrastů („věrnější“ zobrazení objektu), nevýhodou je nemožnost dodatečných úprav kontrastu a zpracování snímků i jejich archivace.

anihilace – srážka částice s antičásticí, při které původní částice zaniknou a vzniknou částice jiného

typu (pro nukleární medicínu má význam anihilace pozitronu s elektronem, při které vznikají dva fotony záření gama – využívá se v pozitronové emisní tomografii).

apriorní pravděpodobnost – v kontextu výkladu *diagnostické přesnosti* vyšetření to je pravděpodobnost určitého onemocnění, se kterou člověk přichází k vyšetření (pravděpodobnost *před* vyšetřením, před provedením diagnostického testu). Apriorní pravděpodobnost onemocnění infarktem myokardu u mladého člověka v ambulanci praktického lékaře je menší než u staršího člověka v ambulanci kardiologa. (Opak = *aposteriorní* či *posteriorní* pravděpodobnost = pravděpodobnost onemocnění *po* vyšetření, po provedeném diagnostickém testu; může být vyšší nebo nižší než apriorní pravděpodobnost podle toho, zda výsledek testu svědčí spíše pro nebo proti původnímu podezření na určitou nemoc.)

Augerův jev – elektron z vnější slupky (atomového obalu) přechází na uprázdněnou nižší slupku. Energie, která se ztratí při tomto procesu, se předá jinému orbitálnímu elektronu, který je vyražen z atomu. Tento elektron se nazývá Augerův elektron (Pierre Victor Auger [ožé], 1899–1993, francouzský fyzik).

bezpyrogenost (apyrogenita) – absence látek vyvolávajících horečnatou reakci.

biologický poločas – doba, za kterou se z organismu vyloučí polovina množství podané látky všemi eliminačními mechanismy a metabolismem.

bolová aplikace – technika způsobu rychlého injekčního podání indikátoru o vysoké objemové aktivitě, zpravidla v objemu menším než 0,5 ml.

brzdné záření – fotonové záření se spojitým energetickým spektrem vznikající brzděním nabitých částic především v elektrickém poli jádra.

celotělové zobrazení – obraz distribuce radiofarmaka v celém organismu zaznamenaná pohybem detektoru kamery podél celého těla.

Comptonův rozptyl – interakce fotonu gama s elektronem z vyšší slupky, při níž vzniká elektron a nový (sekundární) foton záření gama s nižší energií; dráha sekundárního fotonu je odchýlena od dráhy

původního (primárního) fotonu o úhel závislý na energii předané fotonem elektronu (Arthur Holly Compton, 1892–1962, americký fyzik, nositel Nobelovy ceny za fyziku 1927).

cyklotron – kruhový urychlovač nabitých částic (elektrické pole částice urychluje, magnetické pole zakřivuje dráhu po spirále s rostoucím poloměrem). Radionuklidy vznikají ostřelováním jader vybraných atomů v ozařovacích tercích např. urychlenými protony nebo částicemi alfa.

časné účinky ionizujícího záření – somatické účinky s krátkou dobou latence např. akutní radiační dermatitida po lokálním ozáření; po celkovém ozáření se s krátkou latencí projeví pouze účinky způsobené velkými dávkami (v důsledku mimořádné radiační události – nehoda jaderného reaktoru, v ozařovně nebo laboratoři).

časová rozlišovací schopnost (mrtvá doba) – minimální časový interval mezi průchody dvou částic detektorem, které lze ještě rozlišit. Časová rozlišovací schopnost je někdy charakterizována tzv. *mrtvou dobou*, po kterou např. kamera po záznamu jednoho impulzu není schopná registrovat další impulz.

dávka D (také absorbovaná dávka) – energie ionizujícího záření absorbovaná v látce (*podíl střední absorbované energie předané ionizujícím zářením látky v malém prostoru a hmotnosti této látky; jednotkou dávky je gray (Gy) s rozměrem [J.kg⁻¹]*).

dávkový příkon – přírůstek dávky za jednotku času [Gy.s⁻¹]. V praxi se obvykle používá mGy.h⁻¹ případně μGy.h⁻¹ (při dávkovém příkonu 10 mGy.h⁻¹ obdrží ozařovaný objekt za hodinu dávku 10 mGy, za 6 minut 1 mGy apod.).

detekční účinnost – pravděpodobnost, že ionizující záření procházející detektorem bude zaregistrováno (podíl počtu zaznamenaných fotonů k počtu fotonů dopadajících na detektor).

detektory ionizujícího záření – obecně látky, kterými se energie ionizujícího záření převádí na jiný druh energie, vhodný pro indikaci, registraci nebo měření; v praxi tyto látky tvoří základní součást přístrojů schopných zaznamenat přítomnost částic a některých jejich vlastností; v nukleární medicíně se používají především detektory scintilační, plynové a polovodičové, ve kterých excitace atomů scintilátoru, ionizace molekul plynu u plynového detektoru či atomů v krystalové mřížce polovodiče nabitými částicemi vyvolá na výstupu detekčního systému elektrický signál. Elektricky neutrální fotony záření gama se registrují nepřímo – viz heslo *scintilační detektor*.

deterministické účinky ionizujícího záření – „určitě“, „jistě“ účinky záření, ke kterým dochází u všech ozářených jedinců při překročení *prahové dávky*; jejich intenzita se zvyšuje s absorbovanou dávkou záření (příkladem je radiační katarakta,

poškození kostní dřene, erytém, radiační dermatitida atd.), označujeme je jako účinky *prahové*.

diagnostická přesnost vyšetření – údaj popisující kvalitu laboratorního, zobrazovacího nebo jiného vyšetření; je to podíl všech správných (správně pozitivních a správně negativních) výsledků na celkovém počtu všech provedených vyšetření (ideální vyšetření má 100% diagnostickou přesnost, tj. je „pozitivní“ u všech nemocných a „negativní“ u všech zdravých vyšetřených osob).

digitální obraz (také „*číslicový*“ obraz) – souřadnice obrazových prvků a obrazové hodnoty v těchto prvcích jsou digitalizovány, tj. nabývají jen omezeného, předem zvoleného počtu hodnot (příkladem je digitální fotografie, většina scintigrafických a tomografických snímků); výhodou je jednoduchý způsob úprav kontrastu, jednoduchá archivace a především široké spektrum možností dalšího zpracování dat (výpočetní tomografie aj.).

dosah (dolet) částic – průměrná vzdálenost, do níž pronikne částice v určité látce.

dozimetrie ionizujícího záření – obor zabývající se měřením ionizujícího záření a kvantifikací jeho účinků (dávky, dávkové příkony, dávkové ekvivalenty, aktivita atd.) včetně problematiky měřicích přístrojů a jejich praktických aplikací.

dynamická scintigrafie – radionuklidové vyšetření, při kterém se zobrazí časový průběh distribuce radiofarmaka v organismu na řadě snímků pořízených v krátkých časových intervalech (sekundy, minuty) bezprostředně po aplikaci; analogie videa nebo filmu, příkladem je dynamická scintigrafie ledvin.

efektivní dávka E – je součet součinů ekvivalentních dávek H_T a tkáňových váhových faktorů w_T (w_T pro nejcitlivější tkáň = 0,2, pro nejméně citlivé = 0,05, $\Sigma w_T = 1$); jednotkou efektivní dávky je sievert (Sv) s rozměrem [J.kg⁻¹].

efektivní poločas – doba, za kterou klesne celková aktivita podaného radiofarmaka v organismu na polovinu v důsledku biologické eliminace a radioaktivních přeměny.

ekvivalentní dávka H_T – součin střední absorbované dávky v orgánu nebo tkáni D_{TR} ($T = tissue$, $R = type of radiation$) a radiačního váhového faktoru w_R (w_R pro β , γ má hodnotu 1, pro α záření případně neutrony až 20); jednotkou efektivní dávky je sievert (Sv) s rozměrem [J.kg⁻¹].

emisní tomografie – tomografická metoda snímající záření *emitované* ze zdroje uvnitř organismu a zobrazující ve formě řezů distribuci tohoto zdroje v těle pacienta (opak = *transmisní tomografie rentgenová*, kde záření z externího zdroje – rentgenky – prochází *napříč* zobrazovaným objektem do protilehlého detektoru). Emisní tomografie se podle druhu použitých radiofarmak a způsobu detekce dělí na SPECT (jednofotonová emisní

- výpočetní tomografie) a PET (pozitronová emisní tomografie).
- energetická rozlišovací schopnost** – schopnost detektoru rozlišit od sebe záření dvou blízkých energií; má význam pro potlačení vlivu rozptýlených fotonů s nižší energií na kvalitu výsledného scintigrafického snímku (*je definovaná poměrem pološířky fotopíku v polovině maximální četnosti impulzů tohoto píku [vyjádřené v energetických jednotkách] a měřené energie*).
- excitace** – děj, při kterém je elektronu udělena energie dostačující k přechodu do vyššího energetického stavu, ale nedostatečná k jeho odtržení.
- farmakodynamika** – nauka o mechanismech účinku léčiv, sleduje, „co látka dělá s organismem“, je základem farmakologie.
- farmakokinetika** – se zabývá osudem léčiv v organismu, sleduje, „co organismus dělá s látkou“ (absorpce, distribuce, metabolismus, eliminace, časový průběh koncentrací léčiva v biologických tekutinách apod.).
- FDG** – zkratka pro v současné době nejpoužívanější radiofarmakum pro PET 2-[¹⁸F]fluor-2-deoxy-D-glukosu. V odborné literatuře se používá též zkrácený název ¹⁸F-fluorodeoxyglukóza i ¹⁸F-FDG. Český i evropský lékopis uvádí nově i název ¹⁸F-fludeoxyglukosa.
- filtrace obrazu** – úprava snímku s cílem zdůraznit nebo potlačit některé jeho vlastnosti. V širokém smyslu slova je filtrace jakákoli operace s obrazovými prvky snímku. Zahrnuje vyhlazení (filtraci šumu), zdůraznění (zaostření) hran zobrazených objektů apod. Cílem filtrace je zdůraznit „relevantní“ diagnostickou informaci.
- filtrovaná zpětná projekce** – způsob rekonstrukce obrazů tomografických vrstev z projekcí, při kterém se tomografický obraz objektu vytváří inverzní (opačnou) operací k operaci projekce, tj. zpětnou projekcí nasnímaných dat do jedné nebo více obrazových rovin; důležitou součástí metody je „filtrace“ (proto filtrovaná zpětná projekce) potlačující artefakty spojené s prostou zpětnou projekcí.
- fotoefekt** – interakce fotonu s obalovým elektronem na některé z nižších slupek, při které se energie fotonu (zmenšená o vazební energii daného elektronu) zcela přemění v kinetickou energii uvolněného elektronu, foton gama přitom zaniká; uvolněné místo v atomovém obalu je zaplněno elektronem z vyšší slupky za vzniku charakteristického rentgenového záření.
- funkční (parametrický) obraz** – ve scintigrafii je to syntetický, *umělý* obraz vypočtený z reálných obrazů zaznamenaných scintilační kamerou s cílem zobrazit distribuci určité *vlastnosti* (funkce) zobrazeného objektu, kterou nelze zobrazit „přímo“ kamerou (příkladem je obraz tepového objemu vypočtený jako rozdíl enddiastolického a endsystolického objemu levé srdeční komory, obraz ejekční frakce nebo rychlosti akumulace radiofarmaka v orgánu aj.).
- fúze (registrace, integrace) obrazů** – kombinace snímků pořízených různými zobrazovacími metodami („modalitami“) s cílem zobrazení více vlastností zobrazeného objektu najednou; nejčastěji se kombinují snímky z „anatomických“ (rtg., CT, MR) a „funkčních“ (scintigrafie, SPECT, PET) vyšetření s cílem současného hodnocení struktury a funkce zobrazovaných orgánů; integrace obrazů může být (a) *vizuální* (vizuální porovnání dvou nebo více snímků z různých modalit); (b) „*softwarová*“ (snímky z různých modalit jsou integrovány počítačovým programem a zobrazeny současně např. v různých barevných škálách); (c) „*hardwarová*“ (snímky jsou pořízeny při jednom vyšetření v jediném přístroji pro PET/CT, SPECT/CT nebo PET/MR, SPECT/MR).
- genetické účinky ionizujícího záření** – účinky, které jsou přenášeny na další generace; jsou vyvolány změnami genetického materiálu zárodečných buněk a způsobují vrozené vady, degenerativní aj. onemocnění v následujících generacích (obecně dochází k výskytu znaků, které neměl žádný z rodičů).
- genomika (genomics)** – oblast molekulární biologie zabývající se molekulární organizací a strukturou genomu, tj. souboru molekul DNA (u RNA virů molekul RNA) živé soustavy, které se vyznačují replikací a dědí se na potomstvo.
- homogenita (uniformita)** – schopnost kamery zobrazit homogenní rozložení zdroje záření jako obraz s homogenním jasnem (při poruše homogenity se homogenní zdroj zobrazuje jako heterogenní plocha s nerovnoměrnou intenzitou).
- hybridní systém** – dnes v nukleární medicíně pojem téměř výhradně používaný pro kombinované přístroje sdružující v jednom přístroji (gantry) rtg. CT, případně MR a scintilační kameru SPECT (SPECT/CT, SPECT/MR) nebo PET (PET/CT, PET/MR); hybridní přístroje umožňují současné nebo postupné a anatomicky shodně lokalizované zobrazení struktury a funkce.
- charakteristické záření** – fotonové záření s čárovým energetickým spektrem emitované při přechodu elektronu atomového obalu na nižší energetickou hladinu.
- chemická čistota** – podíl hmotnosti látky v určité chemické formě na celkové hmotnosti dané látky (bez započtení pomocných látek a rozpouštědel).
- interakce fotonu záření gama s hmotou** – probíhá fotoelektrickou absorpcí (fotoefektem), Comptonovým rozptylem a tvorbou elektron-pozitronových párů; v konkrétním případě je převažující typ interakce určen energií fotonu gama a vlastnostmi prostředí.

interakce léčiv – vzájemné ovlivnění účinku při působení více látek najednou; rozlišujeme účinky *synergické* (aditivní a potenciace) a *antagonické*; podle mechanismu rozeznáváme interakce *farmakokinetické* (ovlivnění biotransformace, distribuce, absorpce a exkrece) a *farmakodynamické* (např. ovlivnění účinku látky na receptoru apod.).

intervalový záznam (také „*hradlovaný*“ záznam nebo „*gate mode*“) – způsob záznamu snímků pohyblivých orgánů ve scintigrafii, při kterém je snímání vhodným způsobem synchronizováno s pohybem orgánu tak, aby nedošlo k rozmazání snímku pohybem; nejčastěji se používá při vyšetření srdce, kdy je snímání obrazových dat synchronizováno s EKG; výsledkem jsou snímky srdce v jednotlivých fázích srdečního cyklu (např. perfuzní scintigrafie myokardu provedená metodou „gated SPECT“) a hradlování dýchacích pohybů.

ionizace – děj, při kterém vznikají nosiče náboje (iontové páry).

ionizující záření – záření schopné přímo nebo nepřímo ionizovat prostředí.

iterativní rekonstrukce – způsob rekonstrukce obrazů tomografických vrstev z projekcí, při kterém se postupně zpřesňuje tomografický obraz objektu opravami odvozenými z porovnání skutečných projekcí objektu s pokusnými projekcemi upravovaného snímku vrstvy; výhodou iterativní rekonstrukce je možnost zavedení oprav rušivých vlivů zobrazení (korekce na zeslabení a rozptyl záření atd.).

izomerní přechod – přechod jádra ze vzbuzeného do základního energetického stavu spojený s emisí záření gama; v některých případech výsledná dceřiná jádra přetrvávají ve vyšším (vzbuzeném) energetickém stavu „delší dobu“ (až hodiny), pak mluvíme o metastabilním stavu jádra; izomery se označují doplněním symbolu nuklidu písmenem *m* (např. ^{99m}Tc -technecium).

izomery – nuklidy navzájem odlišné pouze energetickým stavem jádra.

izotopy – nuklidy se stejným počtem protonů, ale různým počtem neutronů v jádře.

jaderné záření – záření vznikající při jaderných přeměnách.

jaderný reaktor – zařízení, ve kterém probíhá řízená řetězová štěpná reakce; některé radioaktivní nuklidy využívané v nukleární medicíně vznikají ozařováním jader vybraných atomů neutrony (reakce (n, γ)).

kolimátor – olovená clona vymezující směr fotonů dopadajících na scintilační detektor a rozsah zorného pole kamery (vymezení prostorového úhlu paprsků); nejčastěji je to deska s mnoha otvory určitého tvaru, velikosti a směru podle typu kolimátoru pro různé použití; kolimátor je nezbytný pro vytvoření obrazu – je to určitá analogie objektivu fotoaparátu, rozdíl spočívá v energii fotonů

použitých k vytvoření obrazu: zatímco směr dráhy fotonů světla lze objektivem změnit tak, aby na citlivé ploše filmu nebo čipu vytvořily ostrý obraz objektu, směr dráhy fotonů záření gama se takto cíleně měnit nedá; kolimátor proto slouží jen k propuštění fotonů „správného“ směru, které vytvářejí obraz a k pohlcení ostatních fotonů; je to nejslabší článek scintilační kamery, protože jeho účinnost (podíl počtu fotonů prošlých do detektoru k počtu fotonů dopadajících na kolimátor) je pouze několik procent; čím menší jsou otvory kolimátoru, tím lepší je prostorová rozlišovací schopnost kamery, ale tím horší je současně citlivost kamery; volba kompromisu mezi prostorovou rozlišovací schopností a citlivostí kamery s určitým typem kolimátoru záleží na typu vyšetření.

kontrast – rozdíl v jasů dvou míst na snímku v důsledku rozdílu aktivit dvou zdrojů záření; cílem zobrazení je dosáhnout co největšího kontrastu patologického ložiska k okolní zdravé tkáni; kromě vlastností kamery se na výsledném kontrastu podílejí farmakologické vlastnosti použitého radiofarmaka; technické faktory ovlivňující kontrast scintigrafického snímku ovlivňují i „šum“ (náhodné fluktuační počtu impulzů), cílem scintigrafického zobrazení je proto dosáhnout co nejvyššího poměru *kontrastu ložiska k úrovni šumu* ($\text{CNR} = \text{„contrast-to-noise ratio“}$) – při nízkém CNR nelze rozhodnout, zda kontrast určitého místa snímku je výsledkem náhodných fluktuačních nebo akumulace radiofarmaka v patologickém ložisku.

kontrolované pásmo – část pracoviště, kde lze předpokládat překročení roční efektivní dávky ozáření pracovníků nad úroveň 0,3 profesionálního limitu (efektivní dávka vyšší než 6 mSv).

korekce obrazu na zeslabení a rozptyl záření – scintigrafické zobrazení je zatíženo vadami způsobenými zeslabením a rozptylem záření ve tkáni, omezeným prostorovým rozlišením a jeho ztrátou s rostoucí vzdáleností zdroje záření od kolimátoru atd. Většinu těchto vad je dnes možné korigovat – především v tomografických metodách SPECT a PET. Korekci na zeslabení záření ve tkáni můžeme provést, pokud známe polohu zdroje záření a zeslabovací vlastnosti tkáně. Nejpřesněji tyto údaje poskytuje CT v hybridních přístrojích SPECT/CT a PET/CT. Korekce na rozptyl záření se provádí odečtením obrazu rozptylu (snímaném v energetickém okně propouštějícím pouze rozptýlené fotony s nižší energií) od obrazu fotopiku, do kterého se promítají jak nerozptýlené fotony nesoucí nezkrácenou obrazovou informaci, tak část rozptýlených fotonů, které degradují snímek.

látky snižující účinky záření (radioprotektiva) – desítky let se řada pracovišť na celém světě snažila s malými úspěchy objevit specifické radioprotektivum či „lék“ na ozáření; dobře tolerovaná

radioprotektiva jsou jen nepatrně účinná, zatímco potenciálně účinná radioprotektiva (látky obsahující síru jako cystein, cysteamin, aktivní aminoskupinu jako serotonin nebo tryptamin a enzymatické inhibitory jako kyanidy, nitrily, azidy, fenony aj.) jsou toxická a navíc snižují účinky záření jen při podání bezprostředně před ozářením. Snaha omezit účinky radioterapie na zdravé tkáně vedla k výzkumu zejména thiolových sloučenin bránících iniciálnímu poškození DNA zářením. Jediným registrovaným radioprotektivem pro klinické použití je v současné době *amifostin*, který lze použít k selektivní ochraně normálních tkání nejen před účinky ozařování, ale i podávání cytostatik.

látky zvyšující účinky záření (radiosenzibilizátory) – selektivně zvyšují radiosenzitivitu nádorových buněk a regresi nádorů po ozáření. Za nejúčinnější se považoval *molekulární kyslík* (kyslíkový efekt zvyšující biologickou účinnost rtg. záření a záření gama v experimentu), ozařování v atmosféře hyperbarického kyslíku však nesplnilo očekávání. Lepší výsledky poskytují *farmakologické radiosenzibilizátory* (nitroimidazoly, dále některá cytostatika – Aktinomycin D, tirapazamin, synchronizátory buněčné populace a látky zasahující do nitrobuňečných pochodů např. ovlivněním genů produkujících bílkoviny modifikující odpověď na ozářením).

limity ozáření – jsou vymezeny vyhláškou č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně, ve znění pozdějších předpisů, atomového zákona. Limitem se rozumí kvantitativní ukazatel, jehož překročení není přípustné. Limity se dělí na limity obecné (pro obyvatele), limity pro pracovníky se zdroji ionizujícího záření, limity pro učně a studenty a pro ozářením ve zvláštních případech (viz kapitola 3 této publikace).

linearita zobrazení scintilační kamery – schopnost kamery zobrazit lineární zdroj (zdroj ve tvaru přímky) jako přímku (při poruše linearity se lineární zdroj zobrazuje jako zakřivená čára).

lineární přenos energie (*linear energy transfer*, LET) – jeden z mnoha faktorů ovlivňujících chemické a biologické účinky ionizujícího záření = ztráta energie záření v lokálním objemu na jednotku dráhy ve tkáni [$J \cdot m^{-1}$]; charakterizuje prostorovou distribuci ionizací a excitací produkováných zářením; v průběhu dráhy se lineární přenos energie mění, čím větší je náboj a čím menší je rychlost částice, tím vyšší je lineární přenos energie. (*Definice: podíl energie předané nabitou ionizující částicí látce v daném místě při průchodu po krátké dráze a této dráhy; vyjadřuje velikost ztráty energie nabitě ionizující částice na jednotku délky dráhy.*)

maticový záznam (také „*matrix mode*“, „*frame mode*“) – způsob záznamu obrazových dat ve scintigrafii, při kterém se přímo vytváří obraz objektu; impulzy

z kamery se ukládají (přičítají) do obrazových prvků předem zvolené obrazové matice; výhodou je možnost sledovat vytváření obrazu současně se snímáním (obraz není nutné dodatečně rekonstruovat jako u plynulého záznamu); je to nejčastěji používaný způsob záznamu dat v klinické praxi; záznam se ukončí po zvolené době snímání nebo po dosažení zvoleného počtu impulzů na snímku.

měrná (hmotnostní) aktivita – aktivita vztažená na jednotku hmotnosti $A_m = A/m$ [$Bq \cdot kg^{-1}$].

molekulární zobrazení (*molecular imaging*) – nástroj biomedicínského výzkumu, který se využívá při studiu modelů humánních onemocnění u malých laboratorních zvířat. Umožňuje neinvazivní zobrazení, identifikaci a kvantifikaci biologických procesů na *celulární* a *subcelulární* úrovni v intaktních živých organismech. Cílem je odhalit abnormality na molekulární úrovni, které jsou podstatou onemocnění, rozpoznat místa a úroveň exprese specifických genů a proteinů a jejich změny v průběhu času anebo po terapeutické intervenci. Tím se liší od konvenčního radiagnostického zobrazení, které dokumentuje výsledné patologické změny na makroskopické úrovni.

monitorování – sledování ozáření osob, obvykle pracovníků se zdroji ionizujícího záření s měsíčním vyhodnocováním, dále pracovního prostředí (dávkový příkon, příkon dávkového ekvivalentu, kontrola kontaminace povrchů apod.) a okolí pracoviště. Popis závazných činností je uveden v programu monitorování pracoviště.

nepřímé účinky ionizujícího záření – jsou způsobeny poškozením kritických buněčných struktur působením volných radikálů a reaktivních produktů vzniklých ionizací a disociací především molekul vody. Výsledné poškození buňky ionizujícím zářením je kombinací přímého a nepřímého účinku a následného působení reparačních mechanismů.

nepřímo ionizující záření – tok nenabitých částic (např. fotony, neutrony), které uvolňují přímo ionizující částice (zpravidla elektrony) nebo vyvolávají jaderné přeměny provázené emisí ionizujících částic.

nesprávně negativní výsledek (vyšetření, testu, zobrazovací metody) – negativní výsledek u nemocné osoby.

nesprávně pozitivní výsledek (vyšetření, testu, zobrazovací metody) – pozitivní výsledek u zdravé osoby.

neutronové číslo N – počet neutronů v jádře atomu.

nukleonové (hmotnostní) číslo A – počet nukleonů (protonů a neutronů) v jádře atomu.

nuklidy – atomy se stejným počtem protonů a stejným počtem neutronů v jádře.

objemová aktivita – aktivita vztažená na jednotku objemu $A_v = A/V$ [$Bq \cdot m^{-3}$].

oblast zájmu (také *ROI* z angl. *region of interest*) – uzavřená oblast snímku vymezená hranicí definovanou pomocí kurzoru na obrazovce; může být kruhová, eliptická, pravouhlá či nepravidelná; slouží k měření hodnot obrazu ve zvolené oblasti (obvykle se stanoví aritmetický průměr a směrodatná odchylka hodnot v ROI); v dynamické scintigrafii se používá k měření časového průběhu počtu impulzů v určité části obrazu; výsledkem jsou *křivky* či „histogramy“ znázorňující (po odečtení pozadí, korekcích na zeslabení a další rušivé vlivy) *časové změny aktivity v daném místě orgánu*.

otevřené radionuklidové zářiče – radionuklidové zářiče, jejichž úprava nemá charakter uzavřených radionuklidových zářičů. V nukleární medicíně jsou otevřenými radionuklidovými zářiči všechna radiofarmaka.

ozáření – vystavení organismu ionizujícím záření; rozlišujeme *vnější ozáření* (z vnějšího zdroje) a *vnitřní ozáření* (důsledek vnitřní kontaminace radionuklidem).

PET – zkratka z angl. *positron emission tomography* (pozitronová emisní tomografie); jedna ze dvou metod emisní tomografie (SPECT a PET) založená na tzv. koincidenční (současné) detekci dvou anihilačních fotonů gama (= „dvoufotonové“ detekci), vzniklých při anihilaci pozitronu emitovaného zdrojem záření s elektronem v zobrazovaném orgánu (příkladem pozitronového zářiče je ^{18}F v molekule fludeoxyglukosu).

plynový detektor – registruje průchod nabitě částice pomocí ionizace molekul plynu mezi dvěma elektrodami (ionizací vzniklé volné nosiče náboje vyvolají na elektrodách elektrický signál); jednotlivé typy (ionizační komory, proporcionální detektory, Geiger-Müllerovy detektory) se liší plynovou náplní, konstrukčním řešením a z toho vyplývajícími detekčními vlastnostmi.

plynulý záznam (také „list mode“) – způsob záznamu obrazových dat ve scintigrafii, při kterém se do paměti plynule ukládají údaje o jednotlivých fotonech záření gama tak, jak přicházejí ze scintilační kamery (zaznamenanými údaji jsou obvykle čas a prostorové souřadnice x a y místa absorpce fotonu gama v detektoru a jeho energie); snímky jsou rekonstruovány ze záznamu až po skončení detekce; výhodou je možnost rekonstrukce více snímků s různými parametry z jediného záznamu (dodatečně lze volit velikost obrazové matice, časový interval jednoho snímku apod.). Používá se s výhodou při zavádění nových vyšetřovacích postupů, v klinice se rutinně využívá při zobrazení průběhu rychlých dějů (prvoprůtoková radionuklidová angiokardiografie aj.).

poločas přeměny radionuklidu – střední doba, za kterou dojde k přeměně poloviny původního množství atomů radionuklidu, jeho aktivita klesne

na polovinu. Někdy se označuje jako „fyzikální“ poločas (T_{fyz}) k odlišení od poločasu biologického (T_{biol}).

polovodičový detektor – registruje průchod nabitě částice pomocí ionizace atomů v krystalové mřížce polovodiče mezi dvěma elektrodami (ionizací vzniklé volné nosiče náboje vyvolají na elektrodách elektrický signál). Vzhledem ke svým vynikajícím detekčním vlastnostem (vysoké citlivosti a prostorové rozlišovací schopnosti) postupně nahrazují scintilační detektory kamer v oboru záření gama.

pozadí – četnost impulzů, kterou přístroj zaznamenává bez přítomnosti měřeného zdroje záření.

pozdní účinky ionizujícího záření – somatické účinky s dlouhou dobou latence, např. zákal oční čočky, nádorová onemocnění.

prediktivní hodnoty – hodnoty udávající pravděpodobnost onemocnění u pacienta s pozitivním nebo negativním výsledkem vyšetření či pravděpodobnost přítomnosti patologického ložiska u nemocného s pozitivním nebo negativním nálezem na snímku (prediktivní hodnota pozitivního výsledku udává pravděpodobnost onemocnění u pacienta s pozitivním výsledkem testu, prediktivní hodnota negativního výsledku udává pravděpodobnost, že pacient s negativním výsledkem testu netrpí daným onemocněním); prediktivní hodnoty se používají i při hodnocení zobrazovacích metod, kde „onemocnění“ je nahrazeno přítomností patologického ložiska v určitém orgánu a „výsledek testu“ rozpoznáním, nebo přehlédnutím ložiska na snímku. Ideální vyšetření má obě prediktivní hodnoty rovné 100 %.

princip ALARA – základní princip (imperativ) ochrany před ionizujícím zářením (radioprotekce) určující přípustné ozáření za různých okolností, které by vždy mělo být tak nízké, jak je za daných okolností „rozumně“ možné dosáhnout: zkratka z angl. slov *as low as reasonably achievable*. Cílem radiační ochrany je zcela vyloučit deterministické účinky a omezit stochastické účinky na přijatelné minimum v diagnostice a dosáhnout žádoucí deterministický efekt při radionuklidové terapii s co nejnížší dávkou.

prostorová rozlišovací schopnost – minimální vzdálenost dvou zdrojů záření v zorném poli kamery, které lze od sebe ještě rozlišit – u klasické scintilační kamery je určena především vlastnostmi kolimátoru; (a) *vnitřní* = prostorová rozlišovací schopnost kamery bez kolimátoru (u moderních kamer 3–5 mm), (b) *systémová* = prostorová rozlišovací schopnost kamery s určitým typem kolimátoru (klesá s rostoucí vzdáleností objektu od kolimátoru, ve vzdálenosti 5–10 cm od kolimátoru s paralelními otvory je kolem 1 cm); prostorová rozlišovací schopnost multidetektorového systému

- pro PET je nižší než 1 cm, u nejlepších přístrojů dosahuje hodnot kolem 2–3 mm.
- protonové (atomové) číslo Z** – počet protonů v jádře atomu.
- prvky** – atomy se stejným počtem protonů v jádře (atomy se stejným protonovým číslem).
- přeměna α** – radioaktivní přeměna, při níž dochází k emisi částice alfa (jádro hélia tvořené dvěma protony a dvěma neutrony); vzniklé dceřiné jádro má o čtyři nukleony (tj. dva protony a dva neutrony) méně. Dceřiný nuklid se v periodické soustavě prvků posune o dvě místa doleva vzhledem k mateřskému radionuklidu.
- přeměna β^-** (beta minus) – radioaktivní přeměna, při níž dochází k emisi elektronu; zjednodušeně lze emisi elektronu z jádra vysvětlit tím, že se neutron přemění na proton, elektron a antineutrino; proton zůstává v jádře, zatímco elektron a antineutrino jsou z jádra vyzářeny; dceřiný nuklid se v periodické soustavě prvků posune o jedno místo doprava vzhledem k mateřskému radionuklidu.
- přeměna β^+** (beta plus) – radioaktivní přeměna, při níž dochází k emisi pozitronu (antičástice elektronu); zjednodušeně lze emisi pozitronu z jádra vysvětlit tím, že se proton přemění na neutron, pozitron a neutrino. Neutron zůstává v jádře, zatímco pozitron a neutrino jsou z jádra vyzářeny; dceřiný nuklid se v periodické soustavě prvků posune o jedno místo doleva vzhledem k mateřskému radionuklidu.
- přeměna γ** – radioaktivní přeměna, při níž jádro přechází do nižšího energetického stavu; je spojena s emisí fotonu gama nebo konverzního elektronu (viz *vnitřní konverze*); zpravidla k ní dochází při přeměně alfa a beta, kdy dceřiné jádro zůstává v energeticky excitovaném stavu; při přechodu do základního stavu se jádro zbaví přebytečné energie vyzářením elektromagnetického záření – záření gama.
- přímé účinky ionizujícího záření** – jsou způsobeny přímým zásahem a poškozením biologicky důležitého místa v buňce (tzv. terče nebo citlivého objemu); důsledkem zásahu genetického materiálu je vznik mutací (teorie přímého účinku, zásahová teorie, terčová teorie).
- přímo ionizující záření** – tok nabitých částic (elektrony, pozitrony, protony, částice alfa apod.) s dostatečnou kinetickou energií pro vyvolání ionizace.
- radiační hormeze** – adaptační reakce na nízké dávky záření spočívající ve stimulaci reparačních mechanismů buněk korigujících zlomy DNA a další stochastická poškození; jako nízké se označují dávky do 200 mGy; vyšší úroveň adaptace a reparačních procesů může ozářené jedince ochránit před vznikem zhoubných nádorů i z jiných příčin než je záření; *pozor*: hormeze neříká, že nízké dávky záření „neškodí“, ale že při vystavení organismu nízkým dávkám je *pravděpodobnost adaptační reakce větší než riziko poškození* (adaptační reakce nevylučuje riziko poškození organismu nízkými dávkami); hormeze je dosud předmětem odborných diskusí a sporů a odbornou veřejností není všeobecně akceptována. V praxi je nutné zachovávat opatrnost i pro oblast nízkých dávek záření (princip ALARA).
- radiační poškození tkáně** – výsledek kombinace přímých a nepřímých účinků ionizujícího záření, jejichž podíl závisí na řadě faktorů (na druhu záření, velikosti dávky a dávkového příkonu, frakcionaci – časovém rozložení dílčích dávek, lineárním přenosu energie, rozsahu ozáření organismu – lokálním nebo celotělovém, vlastnostech zasažené biologické struktury, radiosenzitivitě buněk, rychlosti a účinnosti reparačních procesů atd.).
- radioaktivita** – vlastnost atomů (atomových jader za účasti elektronových obalů) samovolně se přeměňovat za současného vzniku ionizujícího záření – *nezaměňovat s veličinou aktivita, která charakterizuje množství daného radionuklidu*.
- radioaktivní přeměna** – samovolná změna složení nebo energetického stavu jader nuklidu doprovázená emisí částic.
- radiochemická čistota** – podíl aktivity radionuklidu v deklarované chemické formě na celkové aktivitě přípravku (radiofarmaku). Radiochemicky čistý preparát obsahuje radionuklid ve formě jedné chemické sloučeniny.
- radioizotopy** – izotopy podléhající samovolné přeměně svých jader doprovázené emisí částic.
- radionuklidová čistota** – podíl aktivity deklarovaného radionuklidu na celkové aktivitě přítomných radionuklidů (vyjadřuje stupeň znečištění radionuklidu příměsí jiných radionuklidů).
- radionuklidový generátor** – zdroj radionuklidů pro přímé použití nebo přípravu radiofarmak na oddělení nukleární medicíny. Zařízení obsahuje tzv. mateřský radionuklid (vyrobený např. v reaktoru) s delším poločasem přeměny, ze kterého vzniká požadovaný (generovaný) dceřiný radionuklid s kratším poločasem přeměny než mateřský. Příkladem je nejvíce používaný generátor technecia (mateřský radionuklid je ^{99}Mo , dceřiný je $^{99\text{m}}\text{Tc}$).
- radionuklidy** – nuklidy podléhající samovolné přeměně svých jader doprovázené emisí částic.
- radiosenzitivita buněk** – vnímavost ke vzniku poškození buněk ionizujícím zářením. Je úměrná jejich metabolické a proliferační/reprodukční aktivitě. Mezi nejcitlivější buňky patří buňky kostní dřeně, lymfatická tkáň, gonády a buňky střevní sliznice. Odolnější (radiorezistentní) k vlivu záření jsou naopak buňky nervové, svalové, kostní a pojivové. V radiační ochraně se uvažuje radiosenzitivita ve vztahu ke stochastickým účinkům.
- rentgenové záření** – fotonové záření zahrnující brzděné a charakteristické záření (na rozdíl od záření gama *nevzniká při jaderných přeměnách*).

reparační mechanismy – napravují změny navozené zářením, čímž snižují stupeň radiačního poškození; především jde o obnovu genetické aktivity poškozené DNA – vysoké procento chromozomálních aberací (až 98 %) je po ozáření reparováno; reparační mechanismy jsou tvořeny enzymovými systémy buňky a nezávisejí na replikaci DNA.

scintigrafie – zobrazovací metoda využívající k detekci záření gama scintilační detektory; výsledkem scintigrafie je snímek distribuce radiofarmaka v zorném poli scintilační kamery.

scintilační detektor – registruje průchod nabitých částic scintilátorem pomocí světelných záblesků (scintilací) vyvolaných fotoelektrony a Comptonovými elektrony vzniklými absorpcí fotonů záření gama ve scintilátoru; scintilátory mohou být anorganické či organické krystaly, kapalné, plastické a skleněné materiály a vzácné plyny; vedle scintilátoru jsou součástí scintilačního detektoru (a) světlovod převádějící světelné fotony ze scintilátoru na fotokatodu fotonásobiče a (b) fotonásobič převádějící světelné fotony na výsledný elektrický signál.

scintilační kamera – zobrazovací zařízení pro scintigrafii s jedním nebo více scintilačními detektory.

senzitivita (vyšetření, testu, zobrazovacího vyšetření) – podíl správně pozitivních výsledků na celkovém počtu pozitivních výsledků (ideální vyšetření má 100% senzitivitu).

sledované pásmo – část pracoviště, kde lze předpokládat překročení roční efektivní dávky nad úroveň obecného (občanského) limitu (efektivní dávka vyšší než 1 mSv).

somatické účinky ionizujícího záření – účinky, které nejsou dědičné, dělí se na časné a pozdní; příkladem časného účinku je např. radiační dermatitis, pozdního indukce nádorů.

specifita (vyšetření, testu, zobrazovacího vyšetření) – podíl správně negativních výsledků na celkovém počtu negativních výsledků (ideální vyšetření má 100% specifitu).

SPECT – zkratka z angl. *single-photon emission computed tomography* (jednofotonová emisní výpočetní nebo počítačová tomografie); jedna ze dvou zobrazovacích metod emisní tomografie (SPECT a PET) založená na detekci jednotlivých fotonů gama emitovaných „jednofotonovými“ zářiči (např. ^{99m}Tc).

správně negativní výsledek (vyšetření, testu, zobrazovací metody) – negativní výsledek u zdravé osoby.

správně pozitivní výsledek (vyšetření, testu, zobrazovací metody) – pozitivní výsledek u nemocné osoby.

statická scintigrafie – radionuklidové vyšetření, při kterém se zobrazí výsledné rozložení radiofarmaka v organismu v určité době po aplikaci na jednom snímku nebo na více snímcích pořízených

v různých projekcích či delších časových intervalech (hodiny, dny); analogie „statické“ fotografie, příkladem je statická scintigrafie kostí, štítné žlázy atd.

sterilita (látky, nástrojů) – nepřítomnost živých chroboplodných zárodků dosažená sterilizací.

stochastické účinky ionizujícího záření – „pravděpodobnostní“ účinky záření statistického charakteru. Na rozdíl od účinků deterministických jsou *bezprahové*; s dávkou neroste účinek, jeho závažnost a rozsah postižení, ale *pravděpodobnost* účinku (proto i malé dávky záření mohou mít závažné stochastické účinky a naopak ani velké dávky nemusí postihnout všechny ozářené jedince). Příkladem jsou mutace projevující se indukci zhoubných nádorů a genetických změn.

stopovací metody – radionuklidové stopovací (nebo indikátorové) metody slouží ke sledování pohybu, přeměn a distribuce látek uvnitř fyzikálních, chemických a biologických systémů a v technologických zařízeních; jsou založeny na principu, který v roce 1913 objevil chemik maďarského původu György Hevesy (1885–1966, nositel Nobelovy ceny za chemii 1943): izotopy a radioizotopy téhož prvku mají stejné chemické chování a vlastnosti, liší se pouze fyzikálně. Látky označené malým množstvím radionuklidu mohou být sledovány (stopovány, „traced“) pomocí detekce ionizujícího záření.

tomografie – doslova „zobrazení řezu“, zobrazovací metoda překonávající projekční superpozici třírozměrného objektu v rovině obrazu při běžném planárním zobrazení (projekci); tomografické snímky zobrazují tenké „řezy“ či „vrstvy“ v různých rovinách vedených napříč třírozměrným objektem; vedle překonání projekční superpozice je předností tomografie zvýšení kontrastu, možnost třírozměrné lokalizace a měření místních hodnot zobrazované veličiny (zeslabovacího koeficientu pro rentgenové záření, intenzity rezonančního signálu, aktivity radiofarmaka v daném místě anatomické struktury).

toxická – jedovatost, vlastnost látky působit patologické změny v organismu (otravu).

tvorba elektron-pozitronového páru – přeměna fotonu gama na pár elektron-pozitron při interakci fotonu s elektrickým polem atomového jádra nebo jiné částice; podmínkou pro tuto přeměnu je minimální energie primárního fotonu gama záření 1,022 MeV (v lékařské diagnostice se tato interakce záření gama s hmotou prakticky neuplatňuje).

umělé radionuklidy – radionuklidy, které se nevyskytují v přírodě; jsou vyráběné např. v jaderných reaktorech nebo cyklotronech. V nukleární medicíně se používají ke značení vybraných látek k diagnostickým případně terapeutickým účelům (radiofarmaka).

uzavřené radionuklidové zářiče – radionuklidové zářiče uzavřené (zapouzdražené) takovým způsobem, aby za předvídatelných okolností nemohlo dojít k jejich rozptýlení do okolí.

vícetektorový systém – zařízení s více scintilačními detektory; v praxi to bývá několik (2–4) velkoplošných detektorů („vícehlavé“ scintilační kamery pro SPECT) nebo velký počet (stovky) malých detektorů uspořádaných do jednoho nebo více prstenců kolem pacienta (detekční přístroje pro PET).

vnitřní kontaminace – zamoření vnitřního prostředí organismu radioaktivními látkami inhalací, ingestí, otevřeným poraněním nebo nitrožilně; intaktní kůži prostupuje tritium ve formě vody a radiojód ve formě páry nebo roztoku.

vnitřní konverze – přeměna, při níž je vnitřní energie jádra předána obalovému elektronu (*konverzní elektron*); zjednodušeně si lze tento proces vysvětlit vyražením elektronu z obalu atomu zářením gama vyzářeným z jádra; elektron převezme veškerou energii fotonu γ a je vyzářen z atomu, foton gama zanikne.

záchyt elektronu – radioaktivní přeměna, při níž dojde k záchytu obalového elektronu jádrem; elektron se v jádře spojí s protonem a vznikne neutron – protonové číslo se zmenší o jednu a dceřiný nuklid se v periodické soustavě prvků posune o jedno místo doleva vzhledem k mateřskému nuklidu. Výsledkem záchytu elektronu může být emise rentgenového záření, emise Augerova elektronu, emise fotonu záření gama.

základní charakteristiky scintilačního detektoru a scintilační kamery – pozadí, citlivost (detekční účinnost), energetická rozlišovací schopnost, časová rozlišovací schopnost (mrtvá doba), linearita, homogenita (uniformita) zobrazení, prostorová rozlišovací schopnost (vnitřní a systémová), kontrast.

zákon přeměny – zákon popisující časový průběh radioaktivních přeměn; počet atomů radionuklidu klesá exponenciálně s časem $N_t = N_0 e^{-\lambda t}$, kde N_0 je počáteční množství atomů daného radionuklidu, N_t je pravděpodobný počet nepřeměněných atomů v čase t a λ je přeměnová konstanta. Analogicky klesá s časem aktivita radionuklidu $A_t = A_0 e^{-\lambda t}$.